

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (insert)



㉔ Anmelder:  
Carl Schenck AG, 6100 Darmstadt, DE

㉕ Erfinder:  
Scheithe, Wolfgang, Dr., 6103 Griesheim, DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 33 11 945 C2  
DE 26 37 960 A1  
DD 2 31 633 A1  
GB 20 79 467  
GB 13 91 713  
US 46 27 724  
US 38 27 807

GB-Z: WELSH, B.L.: An angular displacement transducer. In: J. Phys. E: Sci. Instrum. Vol.13, 1980, S.826-828;  
- In: Patents Abstracts of Japan: JP 62 42009 A. P-598, July 23, 1987, Vol.11, No.226;  
JP 62 44603 A. P-599, July 28, 1987, Vol.11, No.230;  
JP 59 13906 A. P-273, May 12, 1984, Vol. 8, No.101;

㉗ Verfahren und Einrichtung zur Messung von axialen Verlagerungen zwischen einem drehbaren oder rotierenden Körper und einem drehfest zum Körper angeordneten Bauteil

Um bei einem Verfahren zur Messung von axialen Verlagerungen zwischen einem drehbaren oder rotierenden Körper und einem drehfest zum Körper angeordneten Bauteil berührungslos bei beliebig ausgestaltetem drehbaren oder rotierenden Körper über einen weiten Meßbereich messen zu können, ist vorgesehen, daß zumindest zwei Markierungsspuren an einer Mantelfläche des Körpers oder Mantelfläche zum Körper angeordnet werden, die über die axiale Meßlänge einen unterschiedlichen, über die axiale Meßlänge eindeutig definierten Umfangsabstand zueinander aufweisen, daß die Vorbeibewegung der Markierungsspuren oder die Vorbeibewegung an den Markierungsspuren von zumindest einem Detektor erfaßt wird, und daß die Detektionssignale für die Erfassung und gegebenenfalls ein vom Drehverhalten des Körpers abhängiges Signal sowie Informationen über die definierte Anordnung der Markierungsspuren bei der Ermittlung der axialen Verlagerung zwischen Körper und Bauteil herangezogen werden.

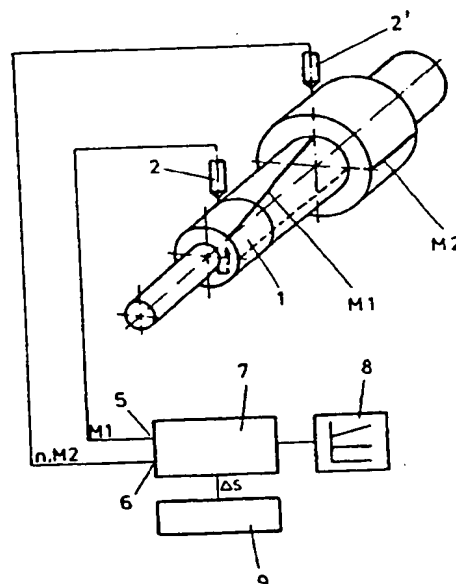


Fig. 4

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung von axialen Verlagerungen zwischen einem drehbaren oder rotierenden Körper und einem drehfest zum Körper angeordneten Bauteil sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Derartige Verfahren bzw. Einrichtungen dienen dazu, axiale Verlagerungen zwischen drehbaren oder rotierenden Bauteilen, beispielsweise von Turbomaschinen, und einem bezüglich Drehung feststehenden Gehäuse zu bestimmen. Für eine Verlagerung zwischen Welle der Turbomaschine und dem Gehäuse können beispielsweise Dehnungseffekte während der Aufheiz- oder Abkühlphase von Dampfturbinen ursächlich sein. Aus der Firmen-Druckschrift C 1334 der Carl Schenck AG "Vibrosensors" sind unterschiedliche Meßmethoden zur Ermittlung relativer axialer Verlagerungen bekannt. Bei einem bekannten Verfahren wird mittels berührungsloser Wegaufnehmer der Abstand des gehäusefesten Aufnehmers von einem Wellenabsatz ermittelt. Zur Gewinnung unverfälschter Meßergebnisse ist ein bestimmtes Verhältnis zwischen Wellenabsatzhöhe und Aufnehmerabmessung und damit eine bestimmte Wellenform erforderlich. Bei einem weiteren bekannten Verfahren wird die axiale Verlagerung der Welle über einen Wellenkonus in eine radiale Abstandsänderung zu einem berührungslos messenden, gehäusefest angeordneten Wegaufnehmer umgesetzt. Weiter ist ein Verfahren bekannt, bei dem beiderseits eines Wellenbundes berührungslose Wegaufnehmer angeordnet sind. Ein weiteres bekanntes Verfahren verwendet ein reibungsfrei gegenüber einem Wellenbund aufgehängtes Pendel, das über einen Magneten in der Pendelspitze der Bewegung des Meßbundes nachfolgt. Die Stellung des Pendels wird in der Nähe des Pendeldrehpunkts berührungslos erfaßt und daraus ein die relative axiale Verlagerung wiedergebendes Meßsignal abgeleitet. Bei allen diesen Verfahren ist eine besondere Formgebung der Welle erforderlich. Ferner unterliegt der Meßbereich bzw. die axiale Meßlänge konstruktiv vorgegebenen Einschränkungen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Einrichtung zur Messung von axialen Verlagerungen zwischen einem drehbaren oder rotierenden Körper und einem drehfest zum Körper angeordneten Bauteil zu schaffen, die diese Nachteile nicht aufweisen und die die berührungslose Verlagerungsmessung bei beliebig ausgestalteten drehbaren oder rotierenden Körpern über einen weiten Meßbereich gestatten.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß zumindest zwei Markierungsspuren an einer Mantelfläche des Körpers oder an einer Mantelfläche zum Körper angeordnet werden, die über die axiale Meßlänge einen unterschiedlichen Umfangsabstand zueinander aufweisen, der über die axiale Meßlänge eindeutig definiert ist, daß die Vorbewegung der Markierungsspuren oder die Vorbewegung an den Markierungsspuren von zumindest einem Detektor erfaßt wird und daß die Detektionssignale für die Erfassung und gegebenenfalls ein vom Drehverhalten des Körpers abhängiges Signal sowie Informationen über die definierte Anordnung der Markierungsspuren bei der Ermittlung der axialen Verlagerung zwischen Körper und Bauteil herangezogen werden.

Als besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist hervorzuheben, daß die Markierungsspuren auf einfachste Weise auf der Mantelfläche des Kör-

pers bzw. auf einer den Körper umgebenden Mantelfläche, beispielsweise der Gehäusemantelfläche z. B. in Form von reflektierenden Spuren oder Bereichen oder Spuren oder Bereichen mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften angebracht werden können; dies kann auch nachträglich bei Bauteilen bereits montierter Maschinen auf einfachste Weise bewerkstelligt werden. Die Markierungsspuren können im Rahmen der Erfindung vorteilhaft durch Ränder der Bereiche mit unterschiedlichen Eigenschaften gebildet werden. Die Markierungsspuren können axial gegeneinander versetzt angeordnet werden. Die Markierungsspuren können mit sich längs der Meßlänge linear oder nicht-linear änderndem Umfangsabstand zueinander angeordnet werden. Der gegenseitige Umfangsabstand wird von zumindest einem Detektor abgetastet und zur Bestimmung der relativen axialen Verlagerung herangezogen; aufgrund des über die axiale Meßlänge eindeutig definierten Abstandes ist die axiale Verlagerung zwischen Körper und Bauteil eindeutig bestimmbar. Weist der rotierende Körper eine konstante Drehzahl auf, so ist die Bestimmung der axialen Verlagerung in einfachster Weise auf eine Zeitmessung zurückgeführt; das vom Drehverhalten abhängige Signal gibt in diesem Fall lediglich die Auswertung frei oder signalisiert, daß die Auswertung möglich ist. Radiale Verlagerungen der Welle durch z. B. Aufschwimmen in einem Gleitlager können bei geeigneter Detektorwahl auch bei Einsatz nur eines Detektors berücksichtigt werden.

Zur Bestimmung der axialen Verlagerung kann in vorteilhafter Weise vorgesehen werden, daß das vom Drehverhalten abhängige Signal eine drehzahlsynchrone Impulsreihe ist. Hierbei ist sowohl die Zeitspannenbestimmung bei konstanter Drehzahl als auch die Abgrenzung einer Impulsfolge aus der Impulsreihe durch die Detektionssignale auf einfachste Weise möglich.

Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß das vom Drehverhalten abhängige Signal eine von einem mit dem Körper gekoppelten Impulsgeber erzeugte Impulsreihe ist. Die beispielsweise von einem mit dem Körper drehstarr umlaufenden oder mit dem Körper gekoppelten Winkelkrementsignalgeber gelieferten Impulse gewährleisten die Ermittlung der axialen Verlagerung aus einer durch die Detektionssignale abgegrenzten Impulsfolge auch bei sich verändernder Drehzahl.

Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung nach Anspruch 4 wird mit dem Signal die Auswertung freigegeben oder die Möglichkeit der Auswertung signalisiert.

Bei einer erfindungsgemäßen Weiterbildung des Verfahrens wird zur Ermittlung der Verlagerung das Verhältnis von Zeitspannen herangezogen, beispielsweise das Verhältnis der Zeitspanne zwischen aufeinanderfolgenden Detektionen derselben Markierungsspur als Signal für das Drehverhalten bzw. die Drehzahl und der Zeitspanne zwischen den Detektionen aufeinanderfolgender Markierungsspuren mit unterschiedlichem Umfangsabstand. Statt der aufeinanderfolgenden Detektionen derselben Markierungsspur können zwei äquidistante Markierungsspuren detektiert werden, um ein Signal für das Drehverhalten zu gewinnen.

Bei einer Anordnung der Markierungsspuren gemäß Anspruch 6 ist eine konstante Genauigkeit der Messung über die gesamte Meßlänge gewährleistet. Soll in bestimmten Abschnitten der Meßlänge mit veränderter Genauigkeit gemessen werden, werden erfindungsgemäß zwei Markierungsspuren in einem sich nicht linear über die Meßlänge ändernden Abstand angeordnet.

Bei der Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach Anspruch 7 erhält man auf einfachste Weise durch Abtastung der beiden äquidistanten Markierungsspuren die zur Auswertung erforderliche Information über das Drehverhalten. Liefern beispielsweise aufeinanderfolgende Abtastungen dieser Spuren gleiche Ergebnisse, so rotiert der Körper mit einer konstanten Drehzahl. Zur Erfassung von achsparallelen und/oder äquidistant angeordneten Markierungsspuren kann erfindungsgemäß ein weiterer Detektor axial neben dem Detektor zur Erfassung der schräg zu diesen beiden Markierungsspuren verlaufenden Markierungsspur angeordnet werden.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird mit einer Einrichtung gelöst mit zumindest zwei an einer Mantelfläche des Körpers oder Mantelfläche zum Körper angeordneten Markierungsspuren, zumindest einem Detektor zur Erfassung der Markierungsspuren und zur Abgabe von Signalen bei Detektion der Markierungsspuren, einer Einrichtung zur Erzeugung eines vom Drehverhalten des Körpers abhängigen Signals und einer Auswerteeinheit mit Eingangskanälen zur Zuführung der Detektionssignale und gegebenenfalls des vom Drehverhalten abhängigen Signals sowie mit einer Speichereinheit, in der Informationen über die definierte Anordnung der Markierungsspuren ablegbar sind und einem Ausgang, an dem ein die axiale Verlagerung zwischen Körper und Bauteil wiedergebendes Signal ansteht. Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Einrichtung sind Gegenstand von weiteren Ansprüchen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine Einrichtung zur Messung von axialen Verlagerungen,

Fig. 2a einen Querschnitt in der Abtastebene mit der Welle in einer ersten Position A,

Fig. 2b einen Querschnitt in der Abtastebene mit der Welle in einer zweiten Position B,

Fig. 3 eine Einrichtung zur Messung von axialen Verlagerungen mit drei Markierungsspuren,

Fig. 4 eine Einrichtung zur Messung von axialen Verlagerungen mit axial gegeneinander versetzten Markierungsspuren.

In Fig. 1 ist mit 1 eine Welle bezeichnet, die in einem nicht dargestellten Gehäuse drehbar gelagert ist. Im Gehäuse ist ein Detektor 2 drehfest zur Welle 1 befestigt. Vom Detektor 2 wird die Vorbewegung von Markierungsspuren M1 und M2 auf der Welle 1 erfaßt und jeweils ein Detektionssignal für die Erfassung erzeugt. Der Detektor 2 erfaßt z. B. die unterschiedlichen Materialeigenschaften der Markierungsspuren M1, M2 und der benachbarten Wellenbereiche. Beispielsweise können unterschiedliche optische Eigenschaften von einem entsprechend ausgebildeten Detektor 2 erfaßt werden oder unterschiedliche elektrische oder magnetische Eigenschaften mit entsprechenden Detektoren. Es kann alternativ eine mechanisch erzeugte Markierungsspur M1, M2 vorgesehen sein, beispielsweise in Form einer Rille oder eines Wulstes, die beispielsweise mit einem induktiven Aufnehmer erfaßt wird. Die Markierungsspuren M1, M2 erstrecken sich in der Achsrichtung der Welle zumindest über die vorgesehene Meßlänge. Die Markierungsspur M2 ist auf der Mantelfläche der Welle 1 achsparallel verlaufend angebracht, während die Markierungsspur M1 in einem definierten, sich in Achsrichtung linear ändernden Umfangsabstand zur Markierungsspur M2 angebracht ist.

Die Markierungsspuren M1 und M2 können durch die Ränder eines auf der Welle angebrachten Bereichs mit unterschiedlichen Materialeigenschaften gebildet werden.

In der Fig. 1 sind zwei Axialpositionen der Welle 1 mit A und B gekennzeichnet. Die Position A ist mit durchgezogenen Linien dargestellt, während die Position B durch strichpunktierte Darstellung der Wellenenden und der Meßebene angedeutet ist.

In der Position A wird der Umfangsabstand  $\alpha$  in der durch A gekennzeichneten Querschnittsebene bzw. Meßebene ausgewertet. In der Position B wird der Umfangsabstand  $\beta$  in der durch B gekennzeichneten Querschnittsebene bzw. Meßebene ausgewertet. In der Fig. 2a ist dies für die Querschnittsebene A und in Fig. 2b für die Querschnittsebene B dargestellt.

Bei einer konstanten Drehzahl der Welle werden die Umfangsabstände  $\alpha$  und  $\beta$  in der nachstehend beschriebenen Weise ausgewertet. Die Markierungsspuren M1 und M2 werden detektiert. Die beiden Detektionssignale werden als Start- bzw. Stoppsignale einer Zeitmeßeinrichtung zugeführt, die eine Zeitspanne  $T_\alpha$  bzw.  $T_\beta$  ermittelt, die proportional zu dem jeweiligen Umfangsabstand  $\alpha$  bzw.  $\beta$  ist. Mit den Umfangsabständen  $\alpha$  und  $\beta$  bzw. den Zeitspannen  $T_\alpha$  und  $T_\beta$  und der Kenntnis der definierten Anordnung der Markierungsspuren M1 und M2 ist die axiale Verlagerung der Welle von Position A nach Position B eindeutig zu bestimmen. In der Zeitmeßeinrichtung kann die Zeitspanne  $T_\alpha$  bzw.  $T_\beta$  z. B. mit Hilfe einer Impulsreihe konstanter Frequenz durch Abzählen der Impulse einer durch die Detektionssignale begrenzten Impulsfolge ermittelt werden.

Das Zeitmeßverfahren ist auch bei veränderlicher Drehzahl der Welle anwendbar. In diesem Fall werden Verhältnisse von Zeitspannen zur Auswertung herangezogen.

Es wird zum einen beispielsweise die Zeitspanne  $T_n$  zwischen zwei aufeinanderfolgenden Detektionen derselben Markierungsspur als Signal für das Drehverhalten bzw. die Drehzahl ermittelt, zum anderen wird die Zeitspanne  $T_\alpha$  bzw.  $T_\beta$  zwischen den Detektionen aufeinanderfolgender Markierungsspuren mit unterschiedlichem Umfangsabstand ermittelt. Das Verhältnis dieser beiden Zeitspannen  $T_n/T_\alpha$  bzw.  $T_n/T_\beta$  wird gebildet und weiterverarbeitet, wodurch die Drehzahl bei der Auswertung keine Rolle mehr spielt.

In der Fig. 3 ist eine Einrichtung mit drei Markierungsspuren M1 bis M3 schematisch dargestellt. Die Markierungsspuren M1 und M2 weisen wie die Markierungsspuren in Fig. 1 einen unterschiedlichen, über die Meßlänge eindeutig bestimmten Umfangsabstand auf, während die Markierungsspuren M1 und M3 äquidistant im Umfangsabstand  $\gamma$  zueinander verlaufen. Mit dieser Anordnung ist es möglich, anstelle der aufeinanderfolgenden Detektionen derselben Markierungsspur die Detektion der Markierungsspuren M1 und M3 zur Ermittlung einer Zeitspanne  $T_n$  zu benutzen, die das Drehverhalten bzw. die Drehzahl der Welle 1 charakterisiert. Im Vergleich zum oben beschriebenen Verfahren ist die zeitliche Auflösung verbessert, da nur über einen Teil einer Umdrehung gemessen wird.

Soll auch bei veränderlicher Drehzahl der Welle 1 bis nahe zum Stillstand gemessen werden, so ist es zur Erzeugung der Impulsreihe zweckmäßig, einen mit der Welle 1 drehfest umlaufenden Impulsgeber in Form eines Winkelinkrementsignalgebers zu verwenden. Der Winkelinkrementsignalgeber kann auch über einen Riemtrieb, ein Reibrad oder ein Getriebe mit der Welle

und einem drehfest zum Körper angeordneten Bauteil weiterverarbeitbar an. Dieses Signal kann z. B. in einer Anzeigeeinheit 9 angezeigt werden.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, daß der zumindest  
5 eine Detektor mit dem Körper umläuft und daß die  
Markierungsspuren am drehfesten Bauteil angeordnet  
sind.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung von axialen Verlagerungen zwischen einem drehbaren oder rotierenden Körper (1) und einem drehfest zum Körper (1) angeordneten Bauteil, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei Markierungsspuren ( $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ ) an der Mantelfläche des Körpers (1) oder Mantelfläche zum Körper (1) angeordnet werden, die über die axiale Meßlänge einen unterschiedlichen, über die axiale Meßlänge eindeutig definierten Umfangsabstand zueinander aufweisen, daß die Vorbewegung der Markierungsspuren ( $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ ) oder die Vorbewegung an den Markierungsspuren ( $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ ) von zumindest einem Detektor (2, 2') erfaßt wird, und daß die Detektionssignale für die Erfassung und gegebenenfalls ein vom Drehverhalten des Körpers (1) abhängiges Signal sowie Informationen über die definierte Anordnung der Markierungsspuren ( $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ ) bei der Ermittlung der axialen Verlagerung zwischen Körper (1) und Bauteil herangezogen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das vom Drehverhalten abhängige Signal eine drehzahlsynchrone Impulsreihe ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das vom Drehverhalten abhängige Signal eine von einem mit dem Körper (1) gekoppelten Impulsgeber (3) erzeugte Impulsreihe ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das vom Drehverhalten abhängige Signal ein konstantes Signal, insbesondere ein Signal für eine konstante Drehzahl, ist und daß mit den Detektionssignalen eine Zeitspanne bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung der axialen Verlagerung das Verhältnis von Zeitspannen herangezogen wird.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Markierungsspuren ( $M_1$ ,  $M_2$ ) in einem sich linear über die axiale Meßlänge ändernden Umfangsabstand angeordnet werden.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß drei Markierungspuren ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ) vorgelesen werden, von denen zwei ( $M_1$ ,  $M_3$ ) zur Bildung eines vom Drehverhalten abhängigen Signals über die axiale Meßlänge äquidistant angeordnet werden.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Markierungsspuren ( $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ ) auf dem Körper (1) angebracht werden und der zumindest eine Detektor (2, 2') am drehfesten Bauteil angeordnet wird.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß die Markierungsspuren ( $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ ) in axialer Richtung versetzt zueinander angeordnet werden.

10. Einrichtung zur Messung von axialen Verlagerungen zwischen einem drehbaren oder rotierenden Körper (1) und einem drehfest zum Körper (1) angeordneten Bauteil, gekennzeichnet durch folgende Merkmale: zumindest zwei an der Mantelfläche des Körpers oder Mantelfläche zum Körper definiert angeordnete Markierungsspuren ( $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ ), zumindest einen Detektor (2, 2') zum Erfassen der Markierungsspuren und zur Abgabe von Signalen bei Detektion der Markierungsspuren ( $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ ), eine Einrichtung zur Erzeugung eines vom Drehverhalten des Körpers abhängigen Signals, und einer Auswerteeinheit (7) mit Eingangskanälen (5, 6) zur Zuführung der Detektionssignale und gegebenenfalls des vom Drehverhalten abhängigen Signals sowie mit einer Speichereinheit (8), in der Informationen über die definierte Anordnung der Markierungsspuren ( $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ ) ablegbar sind und einem Ausgang, an dem ein die axiale Verlagerung zwischen Körper und Bauteil wiedergebendes Signal ansteht.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Impulserzeuger zur Erzeugung vom Drehverhalten abhängiger drehzahlsynchroner Impulse vorgesehen ist.

12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulserzeuger (3) mit dem Körper (1) gekoppelt ist.

13. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zähleinrichtung vorgesehen ist, der die Detektionssignale als Start- bzw. Stoppsignale zugeführt werden.

14. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zeitmeßeinrichtung vorgesehen ist, der die Detektionssignale zugeführt werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

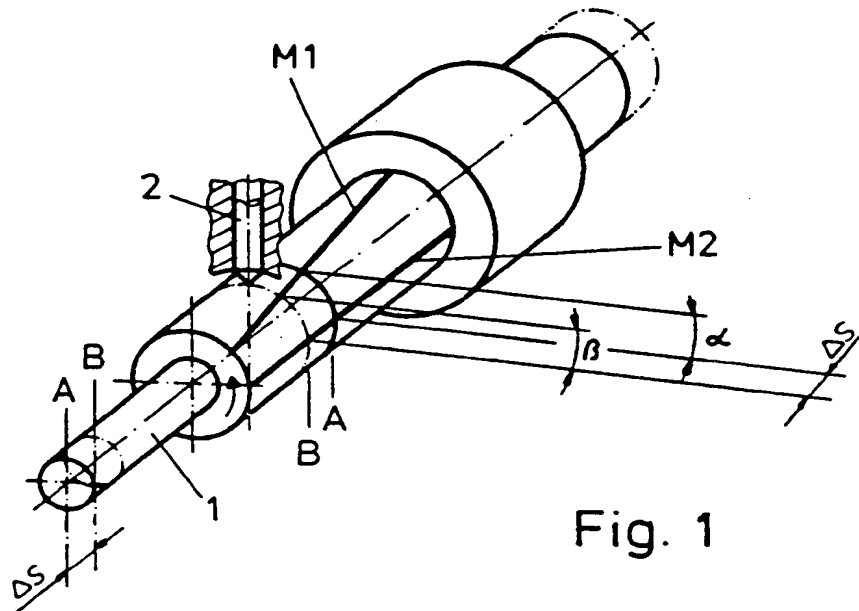


Fig. 1

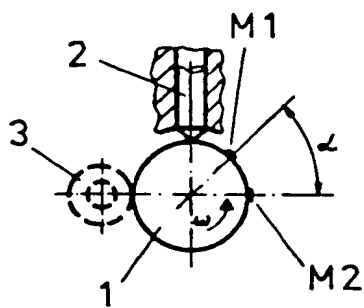


Fig. 2A

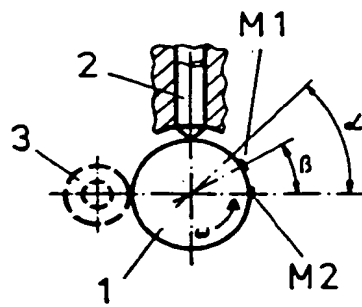


Fig. 2B



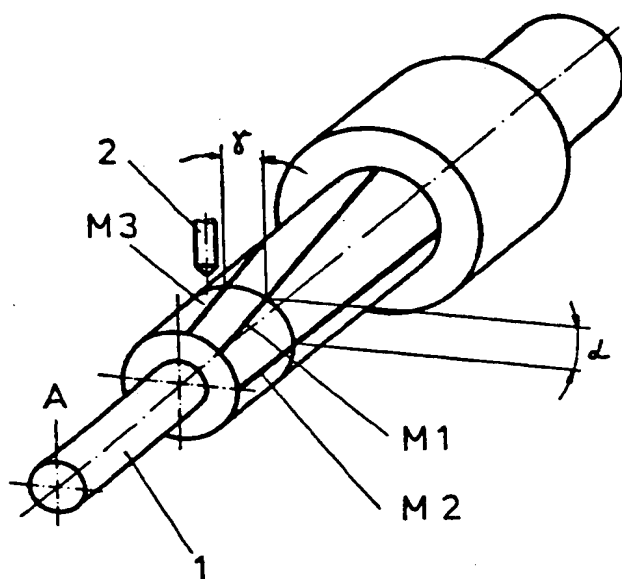


Fig. 3

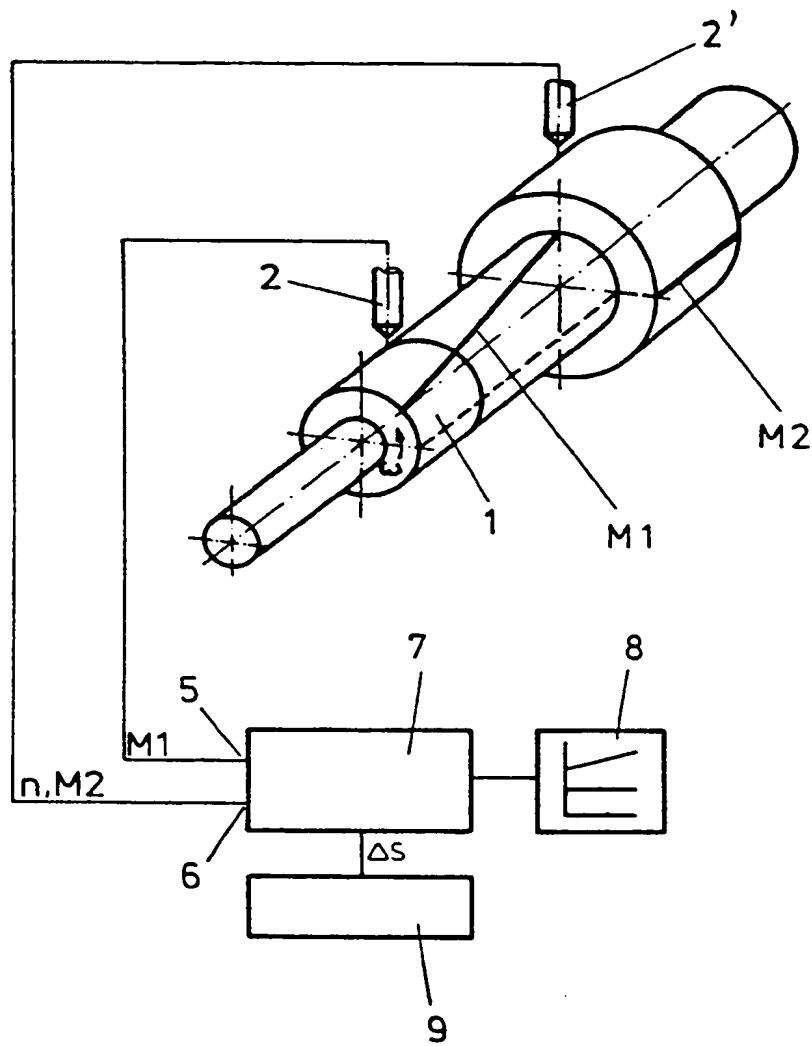


Fig. 4